

TenneT
E-Top

Flexibiliteit en Warmte in de Gebouwde Omgeving

Analyse van kansen en randvoorwaarden voor systeem-
integratie van duurzame warmte in de gebouwde omgeving

Management Samenvatting

Energiesysteem

Samen

Duurzaam

Dialogoog

Betaalbaar

Betrouwbaar

In actie

Toekomst

Lokale keuzes voor een duurzame warmtevoorziening spelen een grote rol in het nationale energiesysteem

Bij deze Management Samenvatting hoort een uitgebreid Analyserapport (zie Bijlage 1).

Verduurzamen van warmte in de gebouwde omgeving gaat over een groot deel van ons energieverbruik en heeft grote gevolgen voor het elektriciteitssysteem.

- Op koude dagen vraagt deze warmte om een hoog vermogen. Elektrische systemen, zoals warmtepompen, dragen bij aan het verduurzamen maar dit heeft grote gevolgen voor het elektriciteitsnetwerk en -systeem.
- Tegelijkertijd heeft het elektriciteitssysteem met variabele opwek uit zon en wind behoefte aan veel nieuwe flexibiliteitsmiddelen, zoals slimme sturing van elektriciteitsvraag en opslag. Een transitie tegen de laagste maatschappelijke kosten vraagt erom dat over alle sectoren heen de meest kosteneffectieve flexibiliteitsopties worden ontsloten.
- Keuzes van gemeentes en bewoners zijn bepalend voor de elektrische vermogens die per wijk en landelijk nodig zijn. Ten eerste kan dit vragen om verzwaring van het elektriciteitsnet (het zelfde geldt voor zon-op-dak en elektrische auto's). Ten tweede kan extra back-up opwek nodig zijn voor de niet-flexibele nieuwe elektriciteitsvraag op koude dagen zonder wind of zon.
- Maar het geeft ook kansen voor nieuwe flexibele elektriciteitsvraag. Zo kunnen slimme warmtepompen en warmtenetten bijdragen aan CO₂ reductie door in te spelen op de variaties in zonne- en windenergie. Ook kunnen deze rekening houden met de beschikbare netwerkcapaciteit. Deze studie kwantificeert deze kansen en beschrijft hoe deze gerealiseerd kunnen worden.

Maar nu worden plannen voor het verduurzamen van warmte en elektriciteit nog los van elkaar bedacht. Daarbij ontbreekt flexibiliteit als thema.

- Transitievisie Warmte bekijkt niet waar elektriciteit vandaan komt.
- Regionale Energiestrategie staat los van de warmtevraag in de winter.
- PBL Startanalyse zet een eerste stap: meetellen van eventuele netverzwaring en de gemiddelde prijs CO₂ vrije elektriciteit.

Figuur 1: Samenhangend duurzaam energiesysteem en puzzelstuk warmte



Figuur 2: Route naar duurzame gebouwde omgeving

2019	Expertisecentrum Warmte start, Startanalyse PBL, eerste versie
2020	Transitievise Warmte sommige gemeenten, Startanalyse PBL verfijnd
2021	Transitieviesies Warmte klaar
2022	Uitvoeringsplannen per wijk
2030	30% verduurzaamd
2050	100% verduurzaamd



Figuur 3: Route voor de Regionale Energiestrategie

2019	Leidraad 0.8, Startnotitie Regionale Energie Strategie (RES)
2020	Leidraad 1.0, Concept RES
2021	Regionale Energie Strategie 1.0
2023	Regionale Energie Strategie 2.0
2030	Duurzame opwek op land tenminste 35 TWh plus zon op dak.

Daarom moeten de kansen voor flexibiliteit in het elektriciteitssysteem goed meetellen in de afwegingen voor de warmtetransitie

De studie laat zien dat slimme warmtepompen en warmtenetten in theorie veel flexibele elektriciteitsvraag kunnen opleveren: in 2030 al 0.5 tot 2 GW vraagreductie en 0 tot 1 GW vraagverhoging in de wintermaanden. Met de volgende aanbevelingen kan dit potentieel ook tot ontwikkeling komen.

Aanbeveling 1: De voordelen van flexibele elektriciteitsvraag moeten meetellen in de modellen en afwegingen voor de warmtetransitie

- a. De maatschappelijke kosten en baten van flexibele elektriciteitsvraag in warmtesystemen voor de gebouwde omgeving moeten nader gekwantificeerd worden en vergeleken met de alternatieve bronnen van flexibiliteit in andere sectoren of delen van het elektriciteitssysteem.
- b. Rekenmethodes en modellen voor keuzes in de warmtetransitie moeten de kosten en baten van flexibiliteit in elektriciteits-systeem eerlijk meetellen, samen met alle andere componenten (warmtesysteem, energie, woning, energie-infrastructuur). Dit kan bijvoorbeeld door een differentiatie in gemiddelde elektriciteitsprijs (schaduwprijs) afhankelijk van de mate van flexibiliteit.
- c. Sub-opties zoals warmteopslag en een E-boiler bij warmtenetten moeten ook in deze modellen worden meegeteld.

Aanbeveling 2: Beleid moet de meest flexibele warmte-opties stimuleren: stuurbare warmtepompen, hybride warmtepompen en warmtenetten

- d. Verfijn de methodiek voor het Equivalent Opwek Rendement van warmtenetten, zodat flexibel elektriciteitsverbruik tijdens uren met overvloedige opwek uit wind en zon kan meetellen als CO₂ vrije energie.
- e. Introduceer standardeisen voor de aanstuurbaarheid van warmtepompen (*all-electric* en hybride) als *no-regret*, zodat deze - nu of in de toekomst - tegen lage kosten aangestuurd kunnen worden, terwijl consumenten kunnen worden ontzorgd.
- f. Eventuele subsidies moeten vooral de meest flexibele types warmtesystemen stimuleren en in ieder geval ook de bovenstaande standardeisen voor de aanstuurbaarheid van warmtepompen als voorwaarde stellen.

Aanbeveling 3: Samenwerken aan randvoorwaarden, zodat flexibiliteit veilig, kosteneffectief en zonder zorgen voor bewoners mogelijk wordt

- g. Brede proefprojecten met woningcorporaties, installatiebranche, energiebedrijven en netbeheerders moeten beter inzicht geven in de praktische haalbaarheid van het inzetten van flexibiliteit op basis van de elektriciteitsprijs en netwerkcapaciteit, randvoorwaarden en kosten voor opschaling en voorwaarden waaronder bewoners mee willen doen.
- h. De energiesector en de installatiebranche moeten samenwerken aan kennisontwikkeling en opleiding in de installatiebranche over keuzes in warmtesystemen die aansluiten bij het toekomstige elektriciteitssysteem.
- i. Binnen de energiesector moeten nadere afspraken worden gemaakt, zodat flexibiliteit veilig kan worden gebruikt zonder dat dit problemen oplevert in het elektriciteitsnet en zodat de flexibiliteit kan worden ingezet voor meerdere doeleinden.
- j. De netbeheerders moeten de invloed van en gewenste prikkels voor de slimme sturing van warmtepompen meenemen in nieuwe voorstellen voor de netwerktariefstructuur voor kleinverbruikers.

Overzicht van keuzes in de warmtetransitie die systeemintegratie bevorderen en flexibiliteit vergroten

De studie bekijkt diverse warmtetechnologieën en sub-opties die aansluiten bij de Transitievisie Warmte. **De meest flexibele keuzes** zijn hierbij aangegeven.

1. Isolatie niveau woning	Betere isolatie zorgt voor lagere piekvraag elektriciteit en trage afkoeling, zodat meer kansen voor flexibele elektriciteitsvraag ontstaan.
2. Warmtetechnologie	Keuze op investeringsmoment
Collectief warmtenet	Kansen systeemintegratie door koppelen verschillende warmtebronnen en grootschalige energieopslag in de vorm van warmte
Zonder elektrische voeding	
Met warmtepomp voeding	Efficiënt inzet van groene elektriciteit, vooral flexibel als in combinatie met andere (back-up) warmtebronnen en -buffers.
Zonder warmtebuffer	
Met warmtebuffer	Grotere flexibiliteit inzet warmtepomp en kansen voor E ⁺ -boiler (* E-boiler = Elektrische boiler)
Zonder E-boiler	
Met E-boiler	Maximaal voeden met groene en goedkope elektriciteit in uren van overvloed elektriciteit uit wind en zon
Individuele warmtepomp	
All-electric warmtepomp	Relatief inflexibel, vooral op de koudste dagen. Daarom alleen toepassen in zeer goed geïsoleerde woningen.
Luchtwarmtepomp	Relatief inflexibel, met op de koudste dagen een lage efficiëntie en daardoor extra hoge piekvraag naar elektriciteit.
Bodemwarmtepomp	Lagere piekbelasting elektriciteitsnet, doordat efficiëntie op peil blijft op de koudste dagen
Groot E-element	Extra verhoging van piekbelasting elektriciteitsnet op de koudste dagen en grotere noodzaak back-up opwek
Geen/klein E-element	Vraagt om iets sterkere warmtepomp, met als voordeel een aanzienlijk lagere piekvraag naar elektriciteit op de koudste dagen.
Hybride warmtepomp	Elektrisch vermogen kleiner, sneller inpasbaar in bestaand elektriciteitsnet. Verlaagt de noodzaak voor extra back-up opwek.
3. Aansturing van warmtesysteem	Vereist aanstuurbaarheid van warmtetechnologie, en vervolgens afspraken met bewoners en technisch inregelen van aansturing.
Zonder slimme aansturing	Inflexibele elektriciteitsvraag, vraagt extra back-up opwek.
Met slimme aansturing	Potentiële flexibiliteit kan worden ontsloten. Daarmee is in de toekomst de mogelijkheid om elektriciteitsrekening te verlagen door in te spelen op elektriciteit uit zon/wind, en/of beperkingen in de netwerkcapaciteit.



Toelichting Flexibiliteit is belangrijk in elektriciteitsnet en -systeem

Het maakt meer CO₂ reductie en snellere verduurzaming warmte mogelijk

Regelbare (flexibele) elektriciteitsvraag voor warmte draagt bij aan CO₂ reductie door zoveel mogelijk de elektriciteit te gebruiken in uren met overvloedige wind en zon, en zo min mogelijk in de uren met grotendeels gasgestookte elektriciteit.

1. Dit helpt om de energierekening van consumenten in de toekomst niet hoger te maken dan nodig. Dit voordeel kan door een contract met flexibele prijzen met de leverancier of een korting bij het ter beschikking stellen van flexibiliteit.
2. Deze voordelen zijn de eerstkomende jaren nog klein, maar groeien richting 2030 en blijven dan nog decennia doorgroeien met meer en meer duurzame opwek. Warmtesystemen worden voor vele jaren geïnstalleerd en daarom loont het om flexibele opties vooruit te stimuleren.
3. Aan de andere kant leiden inflexibele elektriciteitsvraag of warmtesystemen met een hoog piekvermogen juist tot additionele kosten voor netverzwaring en back-up vermogen voor koude winterweken zonder zon of wind

Vooruitdenken loont: optimale keuzes in de warmtetransitie vraagt om het meetellen van de totale kosten en baten inclusief flexibiliteit. Een aantal *no-regret* keuzes openen de weg naar slim regelbare vraag in de toekomst.

4. Noodzakelijke voorwaarden voor flexibiliteit zijn (i) technische aanstuurbaarheid, (ii) kaders in het energiesysteem en (iii) aantrekkelijkheid voor bewoners.
5. Een aantal factoren kunnen sterk bijdragen aan meer flexibele elektriciteitsvraag :
 - Meer woningisolatie dempt piekvraag en maak meer flexibele sturing mogelijk;
 - Meer hybride warmtepompen en meer bodem- in plaats van luchtwarmtepompen;
 - Warmtepompen zonder een groot elektrisch weerstandselement;
 - Meer warmtenetten met -buffers en E-boilers, om overvloedige groene elektriciteit te benutten.

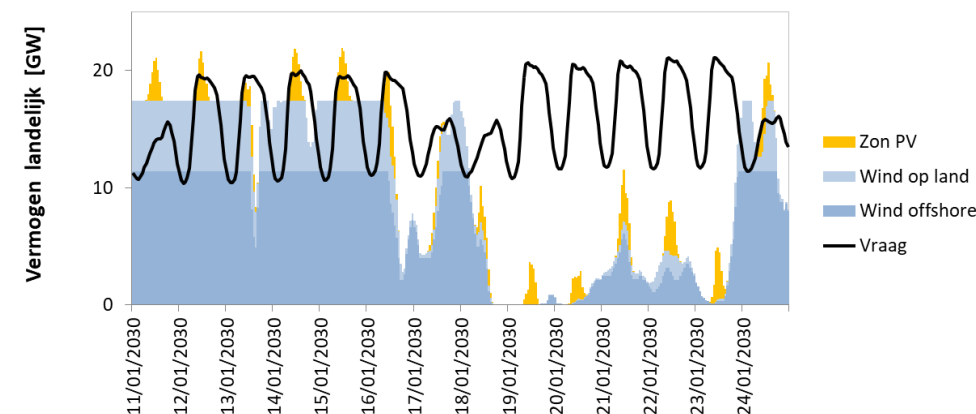
Toelichting Flexibiliteit voor elektriciteitsnet en elektriciteitsysteem

Met zonnepanelen en nieuwe elektriciteitsvraag voor elektrische auto's en warmtepompen neemt de piekbelasting van het elektriciteitsnet toe. Flexibele sturing kan bijdragen aan het **afvlakken van pieken als de capaciteit van het elektriciteitsnet dreigt te worden overschreden**. Ook flexibele hybride warmtepompen met een kleiner elektrisch vermogen dragen hieraan bij.

De tweede toepassing voor flexibiliteit is het **opvangen van korte en langere pieken en dalen in opwek uit zon en wind**. In 2030 is landelijk een groot vermogen aan nieuwe flexibiliteit nodig, vele gigawatts. Deze zijn nodig om variabele opwek uit zon en wind opwek maximaal te gebruiken, ook in uren van overvloed (in plaats van *curtailment*). Daarmee kan de CO₂ uitstoot van gascentrales verder worden verlaagd.

Van belang is de keuze van warmtesystemen die flexibel kunnen worden gestuurd. Maar ook moeten voorwaarden worden ingeregeld, zodat dit aantrekkelijk kan zijn voor eigenaren en bewoners en veilig voor het elektriciteitsnet.

Figuur 4 Voorbeeld elektriciteitsvraag en -aanbod uit wind en zon in 2030: afwisselend overvloed en schaarste duurzame opwek.



Toelichting Warmtepompen leggen groot beslag op elektriciteitssysteem

Stuurbare en hybride warmtepompen helpen

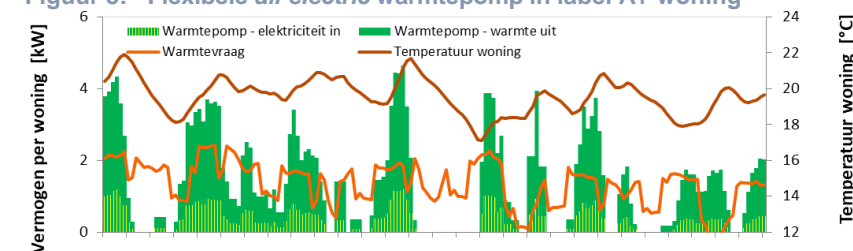
Warmtepompen leiden tot een veel hogere en gelijktijdige piek elektriciteitsvraag per woning. In bestaande woonwijken zal dit vaak vragen om netverzwaring.

- Warmtepompen vragen een groot vermogen (2 kW (hybride) tot 6 kW (*all-electric*) per woning). Daarnaast kunnen ook elektrische auto's en zonPV op dak dit nodig make).
- Bij aanhoudende koude moeten warmtepompen tegelijkertijd draaien. In een bestaande woonwijk van voor 2000 vraagt het toepassen van warmtepompen in veel woningen al snel om netverzwaring. In nieuwbouwwijken en bij vervanging wordt daarom vaak al een zwaarder netwerk aangelegd.
- Hybride warmtepompen met slimme sturing vragen een kleiner elektrisch vermogen en kunnen inspelen op de beschikbare netwerkcapaciteit. Ze zijn sneller inpasbaar en vragen geen extra back-up opwek, door de inzet van gas tijdens uren met een tekort aan groene elektriciteit. Met biogas of waterstof past dit op lange termijn in een CO₂-vrij energiesysteem. Daar staan wel de kosten voor het gasnetwerk tegenover.

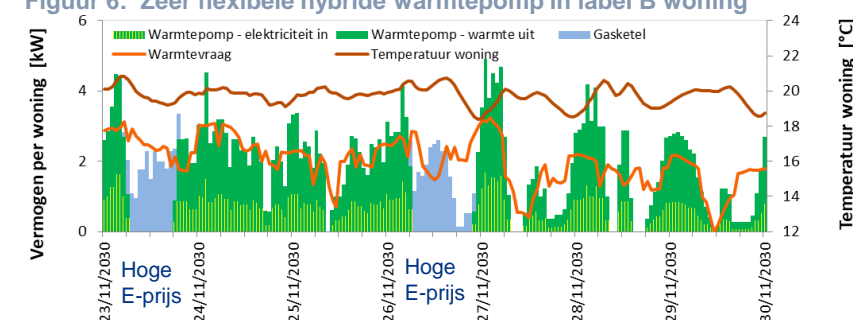
In 2030 tellen warmtepompen op tot 2.5 tot 3.5 GW nieuwe piek elektriciteitsvraag landelijk. Dit vraagt om extra back-up opwek nodig voor koude dagen zonder wind.

- De extra elektriciteitsvraag van *all-electric* warmtepompen kan al voor 2030 om extra gascentrales vragen. De nationale systeemkosten van deze back-up voor koude periodes zonder zon en wind bedragen 125 - 200 Euro per woning per jaar.
- Met flexibele sturing kunnen warmte pompen vaak (maar niet altijd) 0.5 tot 2 GW vraagreductie en 0 tot 1 GW -verhoging opleveren in 2030. Dit kan significant bijdragen aan het opvangen van pieken en dalen in duurzame opwek. In 2050, met 100% verduurzaamde woningen, worden deze vermogens een factor 3 tot 4 hoger.
- Voor een stad als Amsterdam vragen de circa 110.000 woning (14% van de stad) met *all-electric* warmtepompen in 2040 circa 275 MW aan back-up vermogen, vergelijkbaar met één extra eenheid extra bij de bestaande twee in de gascentrale bij Diemen.

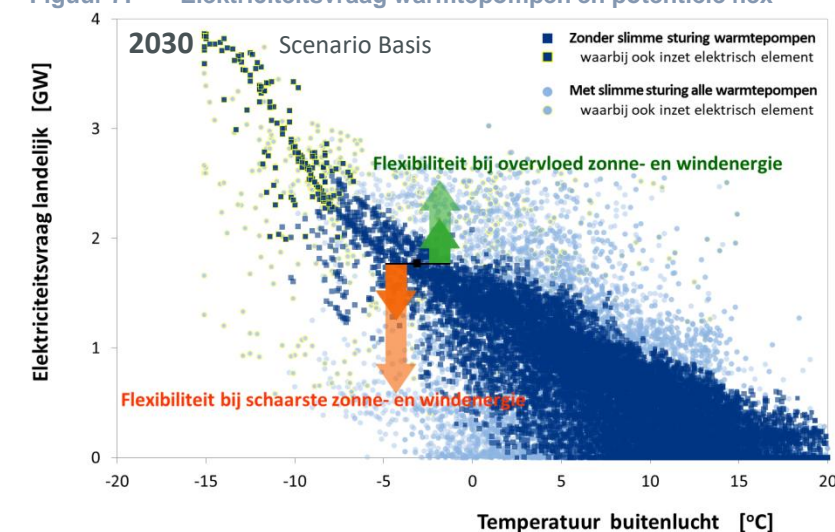
Figuur 5: Flexibele *all-electric* warmtepomp in label A+ woning



Figuur 6: Zeer flexibele hybride warmtepomp in label B woning



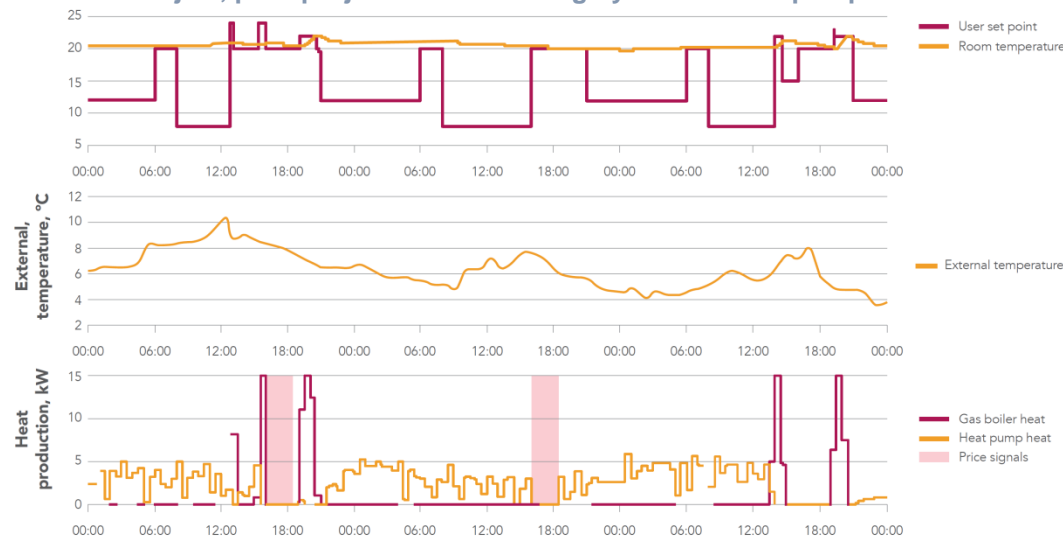
Figuur 7: Elektriciteitsvraag warmtepompen en potentiële flex



Voorlopers Koppeling van warmte en duurzame elektriciteit in de praktijk

Warmtepompen

Freedom Project, proefproject met aansturing hybride warmtepompen in Leeds VK.

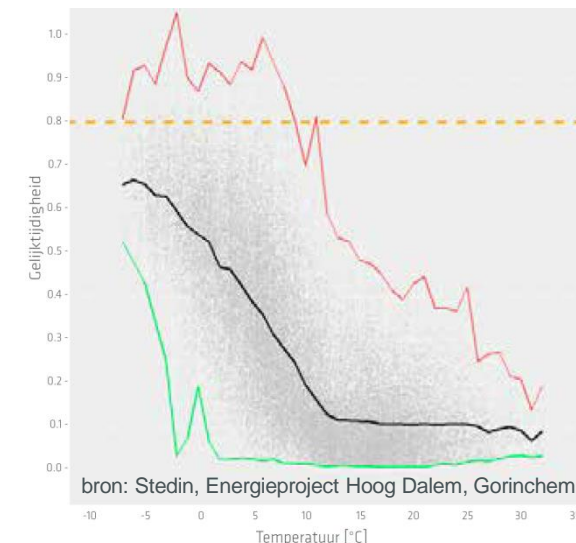


In het Freedom project in Leeds (VK) door Western Power Distribution, Wales & West Utilities en PassivSystems zijn in 75 woningen hybride luchtwarmtepompen toegepast. Het project heeft aangetoond dat hybride warmtepompen in diverse woningtypes en bij verschillende isolatieniveaus toegepast kan worden en het comfort kan waarborgen. Circa 80% van de warmtevraag werd hierbij elektrisch ingevuld.

De hybride systemen zijn hierbij aangestuurd op basis van verschillende signalen: elektriciteitsprijs, buitentemperatuur, en beschikbare netwerkcapaciteit. Voorverwarming was onderdeel van deze stuurstrategieën. De studie doet voorstellen om de incentives te verbeteren voor slimme sturing van warmtepompen.

bron en meer informatie: <https://www.westernpower.co.uk/projects/freedom>

Voorbeelden proefprojecten met elektriciteitsvraag uit warmtepompen in Nederland.



In verschillende Nederlandse proefprojecten is zijn warmtepompen getest, al dan niet gestuurd op basis van netcapaciteit, bijvoorbeeld:

- EnergieKoplopers 2 door Liander (foto links), waarin het sturen op elektriciteitsvraag door een aggregator is getest. <https://www.liander.nl/partners/energietransitie/dynamo-flexmarktontwikkeling/energiekoplopers>
- Energieproject Hoog Dalem door Stedin, waarin onder andere de gelijktijdigheid van de elektriciteitsvraag is gemeten (figuur rechts) bij woningen waarin ook zonnepanelen en batterij-opslag zijn toegepast. <https://www.stedin.net/over-stedin/pers-en-media/persberichten/proef-met-energienet-van-de-toekomst-in-gorinchem-succesvol-afgerond>

Toelichting Warmtenetten openen de weg voor grootschalige warmteopslag en flexibele E-boilers, en daarmee nieuwe flexibiliteit

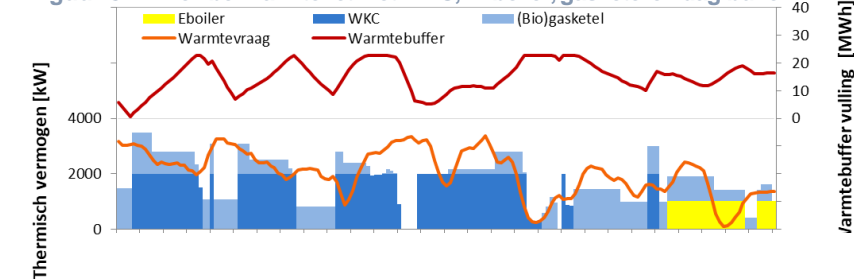
Warmtenetten maken naast het ontsluiten van restwarmte en geothermie ook mogelijk om meer van goedkope en groene elektriciteit nuttig te gebruiken door toepassing van elektrische boilers (E-boilers) bij warmtebuffers.

12. Een warmtenet vraagt steeds om een afweging ten aanzien van rentabiliteit. Belangrijke factoren daarin zijn de beschikbaarheid van duurzame warmtebronnen, de nabijheid en dichtheid van de bebouwing.
13. Met een warmtenetten ontstaan diverse mogelijkheden voor het flexibel inzetten van duurzame elektriciteit door voeding met elektrische warmtepompen en relatief goedkope elektrische boilers (E-boilers).
14. Het toevoegen van een E-boiler bij een warmtebuffer kan bijdragen aan het nuttig inzetten van elektriciteit uit zon- en wind uit uren van overvloed. Het zijn relatief goedkope systemen waarvan de business case positief kan worden bij een beperkt aantal draaiuren per jaar.
15. Landelijk kan hiermee in 2030 al een aanzienlijke flexibele elektriciteitsvraag ontstaan voor uren met overvloedige elektriciteit uit zon en wind: 0 tot 0.3 GW uit warmtepompen en 0 tot 1 GW door E-boilers. In Denemarken en Duitsland, met veel warmtenetten en duurzame elektriciteit, gebeurt dit al volop.

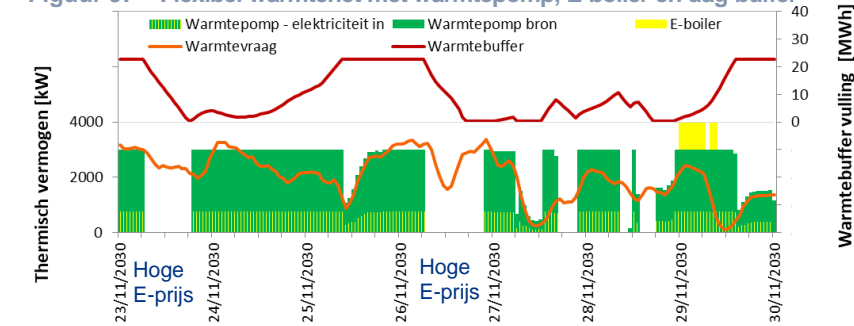
Grootschalige warmtebuffers bieden de meest kosteneffectieve mogelijkheden voor energieopslag.

16. Warmtebuffers worden al vaak toegepast in warmtenetten voor twee doelen:
 - Opvangen van piek warmtevraag, bijvoorbeeld op een koude dag vroeg in de ochtend, en reduceren van inzet gas piekketels op die momenten.
 - Ontkoppelen tijdstip warmteproductie en –vraag. Met een WKC kan dan warmte worden geproduceerd op momenten dat de vraag naar elektriciteit het hoogste is.
17. In de meeste modellen voor de warmtetransitie worden deze opties van warmtebuffering en de inzet van E-boilers niet als functie meegenomen.

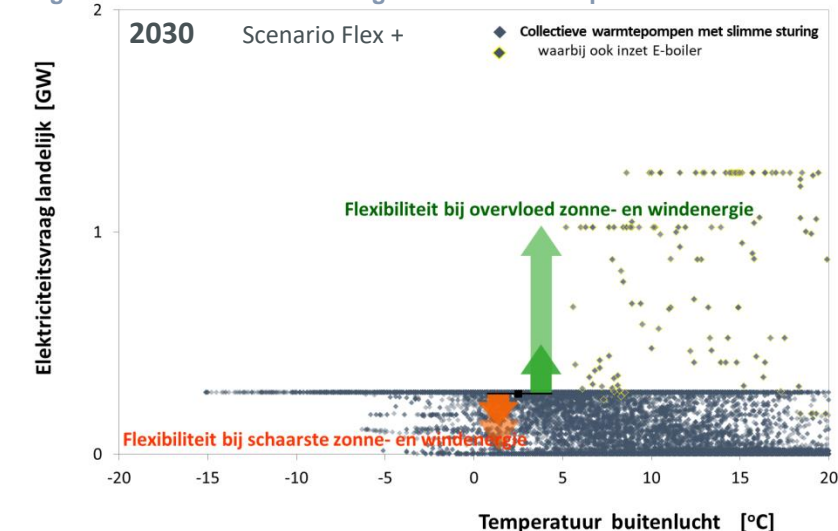
Figuur 8: Flexibel warmtenet met WKC, E-boiler, gasketel en dag-buffer



Figuur 9: Flexibel warmtenet met warmtepomp, E-boiler en dag-buffer



Figuur 10: Elektriciteitsvraag warmtenetten en potentiële flex



Voorlopers Koppeling van warmte en duurzame elektriciteit in de praktijk

Warmtenetten

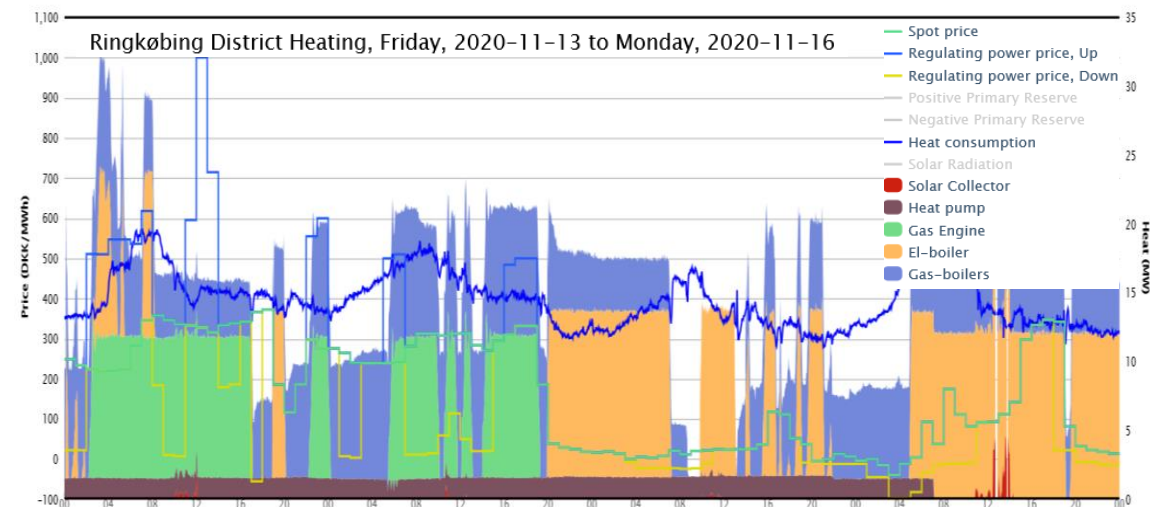
Bestaande warmtebuffers en nieuwe E-boilers in Nederland



Bovenstaande foto (links) toont de warmtebuffer bij de warmtekrachtcentrale in Diemen. De buffer heeft een inhoud van 22.000 m³ en kan daarmee zo'n 800 MWh warmte opslaan. Hiermee kan in de winter voor zo'n 8 uur aan warmte worden geleverd voor 75.000 woningen. De buffer was primair gebouwd om de inzet van de naastgelegen Warmtekracht Centrale te optimaliseren. Deze kan elektriciteit leveren op de uren van de dag met de hoogste prijs in de elektriciteitsmarkt, terwijl op andere uren de hoogste warmtevraag bediend kan worden. Er zijn plannen om hierbij twee grote E-boilers (twee eenheden van 100 MW) te installeren.

De foto rechts toont het inhijzen van een nieuwe 12 MW E-boiler bij de Warmte-Kracht Centrale Ypenburg van Eneco. Deze staat naast een bestaande warmtebuffer.

Voorbeeld inzet E-boilers in warmtenetten in Denemarken en Duitsland



In Denemarken spelen warmtenetten al jaren een grote rol. Tegenwoordig worden deze ook gevoed door warmtepompen, elektrische boilers en zonnewarmte. Landelijk draagt dit 20% bij, mogelijk groeiend tot 40% in 2035. (Restwarmte en veel biomassa spelen nog de hoofdrol in het voeden van warmtenetten in Denemarken). De grafiek toont de warmtevoeding over enkele dagen in het warmtenet van Ringkøbing. Dit warmtenet bedient ongeveer 5.000 huishoudens en benut verder een gasketel en gasmotor als warmtebron. Het beschikt over een 400 MWh warmtebuffer. Bij lage elektriciteitsprijzen maakt het gebruik van de E-boiler (12MW) en bij hoge prijzen wordt er elektriciteit opgewekt door de gasmotor (10MW).

Bron en meer informatie: <http://www.energyweb.dk/rfvv/>
Ook in Duitsland staan inmiddels diverse E-boilers, zoals bij de warmtenetten van Flensburg (30MW), Kiel (35MW), Nürnberg (50MW) en Berlijn (120MW).



Bijlage 1

Inhoudsopgave Analyserapport

	Pagina
Samenvatting	
Bij keuzes in de warmtetransitie moeten kansen voor flexibiliteit in het elektriciteitssysteem meewegen	2
Aanleiding	
Warmtetransitie met een duurzaam elektriciteitssysteem	
1. Keuzes in de warmtetransitie zijn belangrijk voor een efficiënt en betrouwbaar energiesysteem in de toekomst	7
2. Warmte in de gebouwde omgeving vraagt bij koud weer veel energie en hoge vermogens	8
3. Het afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit uit zon en wind vraagt om veel flexibiliteit	9
	10
Uitdagingen	
Netwerkcapaciteit, korte-duur flexibiliteit en back-up opwek	
4. Elektrificeren van warmte leidt tot nieuwe piekbelasting in het netwerk dat daar nog niet voor ontworpen was	11
5. Inflexibele warmtepompen kunnen nieuwe back-up opwek nodig maken en de energierekening opdrijven	12
6. Lokale keuzes in de Transitievisie Warmte tellen op tot een groot verschil in het energiesysteem	14
	15
Oplossingen	
Keuzes die aansluiten bij een duurzaam elektriciteitssysteem	
7. Keuzes warmtetransitie kunnen piekvraag elektriciteit verlagen: isolatie, bodemwarmtepomp en slimme aansturing	16
8. Hybride warmtepompen passen in een CO2-vrij energiesysteem met groengas en waterstof	17
9. Warmtenetten bieden nieuwe kansen voor het elektriciteitssysteem door warmte-opslag en E-boilers	19
	22
Aanbevelingen	
Meetellen flexibiliteit in keuzes warmtetransitie en creëren randvoorwaarden veilige flexibele sturing	
10. Meetellen van voordelen van flexibele elektriciteitsvraag in modellen en afwegingen voor de warmtetransitie	25
11. Stimuleren van meest flexibele warmte-opties: stuurbare warmtepompen, hybride warmtepompen en warmtenetten	26
12. Samenwerken aan randvoorwaarden voor inzet van flexibiliteit: veilig, kosteneffectief en zonder zorgen voor bewoners	27
	28
Bijlagen	
A. Wat zijn de uitgangspunten van deze analyse over flexibiliteit en warmte?	29
B. Wat kun je bereiken met het slim aansturen van warmtepompen?	30
C. Welke rol kunnen warmtenetten en warmtebuffers spelen in een geïntegreerd energiesysteem?	39
D. Hoe telt deze (in)flexibiliteit op in het landelijke energiesysteem?	47
E. Waarom lost het elektriciteitssysteem met flexibiliteit en opslag dit niet op?	52
F. Hoe is deze analyse tot stand gekomen?	61
	63

Colofon

Schrijfteam

Tjerk den Boer

Frank Wiersma

Faruk Dervis

Bart Kaas

Met inbreng van

E-TOP expertgroep

Flexibiliteit en Warmte

zie deelnemerslijst

in Bijlage 2.



Bijlage 2

Hoe is deze analyse tot stand gekomen

Dit project is uitgevoerd in het kader van het E-TOP programma. TenneT heeft het E-TOP programma eind 2019 gelanceerd om met haar partners en stakeholders in het energiesysteem samen te werken aan het versnellen van de energietransitie.

Het E-TOP programma bestaat uit een jaarlijks evenement waarin de dialoog wordt gezocht met de verschillende stakeholders in het energiesysteem. Aansluitend zijn er twee werkgroepen aan de slag gegaan om twee verschillende thema's nader uit te diepen.

De eerste werkgroep is aan de slag gegaan met het onderwerp Flexibiliteit en Warmte in de Gebouwde Omgeving. De tweede werkgroep met het onderwerp Elektrificatie en het Toekomstige Vraagprofiel.

Dit rapport is opgesteld door TenneT mede op basis van de input van deze eerste werkgroep. Hiernaast is een overzicht gegeven van de deelnemers.

Deelnemers werkgroep Flexibiliteit en Warmte in de Gebouwde Omgeving

- Frank Wiersma, Tjerk den Boer (TenneT)
- Jannis van Zanten (Stichting Warmtenet, Vattenfall)
- Hubert Spruijt (Senfal, Vattenfall)
- Marcel Bakker, Erik Geensen (Engie)
- Dioni Franken, Jeroen Peters (Eneco)
- Olivia Sicurani (Sympower)
- Alienke Ramaeker, Marc Londo (NVDE)
- Coos Schouten, Tom Schouten (TechniekNL, Schouten Techniek)
- Jan van Hout (TechniekNL, Hout adviseurs en installateurs)
- Hans van der Spek, Stefan Olsthoorn (FME)
- Nico Hoogervorst (PBL)
- Maarten de Vries (TKI Urban energy)
- Lex Bosselaar (Expertise Centrum Warmte, RVO), Stan van den Broek (RVO)
- Faruk Dervis, Bart Kaas (TNO)
- Ivo Pothof (TU Delft, Deltares)
- Bert den Ouden (Flexible Alliance Network, Berenschot)
- Eppe Luken (Alliander)
- John Hodemaekers, Amy van Groot Battavé (Stedin)
- Piet Nienhuis (Gasunie)

Overige bijdragen:

- Max Coenen, Liesbeth van Klinkt (Berenschot)
- Emile Chappin, Gerdien de Vries (TU Delft)
- Peter Wagener, Paul Friedel, Maarten Hommelberg (BDH)

Disclaimer

Deze powerpoint wordt u aangeboden door TenneT TSO B.V. (“TenneT”). De inhoud ervan - alle teksten, beelden en geluiden - is beschermd op grond van de auteurswet. Van de inhoud van deze powerpoint mag niets worden gekopieerd, tenzij daartoe expliciet door TenneT mogelijkheden worden geboden en aan de inhoud mag niets worden veranderd. TenneT zet zich in voor een juiste en actuele informatieverstrekking, maar geeft ter zake geen garanties voor juistheid, nauwkeurigheid en volledigheid.

TenneT aanvaardt geen aansprakelijkheid voor (vermeende) schade, voortvloeiend uit deze powerpoint, noch voor de gevolgen van activiteiten die worden ondernomen op basis van gegevens en informatie op deze powerpoint.



22 januari 2021

C1 - Publieke Informatie